

编号：BG-ZFFB24220033

核技术利用建设项目

浙江省人民医院越城院区

电子直线加速器建设项目

环境影响报告表

(公示稿)

浙江省人民医院

2024年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江省人民医院越城院区

电子直线加速器建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江省人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号

邮政编码：310000

联系人

电子邮箱

联系电话

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	12
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	13
表 6 评价依据.....	15
表 7 保护目标与评价标准.....	17
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析与源项.....	26
表 10 辐射安全与防护.....	33
表 11 环境影响分析.....	42
表 12 辐射安全管理.....	56
表 13 结论与建议.....	63
表 14 审批.....	66

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		浙江省人民医院越城院区电子直线加速器建设项目			
建设单位		浙江省人民医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市拱墅区上塘路 158 号			
项目建设地点		浙江省绍兴市越城区敬宾路 299 号，浙江省人民医院越城院区			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		2000	项目环保投资（万元）	500	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p><b>1.1 项目概述</b></p> <p><b>1.1.1 建设单位简介</b></p> <p>浙江省人民医院是集医疗、科研、教学、预防、保健、康复于一体的大型综合性三级甲等医院，占地面积 18.6 万平方米，拥有医疗用房 16.7 万平方米。目前有朝晖院区、望江山院区和越城院区三个院区。</p> <p>越城院区为 2021 年 12 月 3 日经浙江省卫生健康委员会批准，将原拟设于浙江省绍兴市越城区敬宾路 299 号的绍兴市越城区人民医院作为浙江省人民医院越城院</p>				

区。浙江省人民医院越城院区是浙江省人民医院与越城区人民政府战略合作新建的医院。

2019年11月，绍兴市生态环境局以绍市环越审[2019]43号对《绍兴市越城区人民医院建设工程环境影响报告书》进行了审批，越城院区目前已建成，在试运行阶段。

### **1.1.2 建设目的和任务由来**

本项目拟对院内已建高压氧舱楼（共一层，地上一层）进行改建（改建后该楼更名为“放疗楼”），建设1间直线加速器机房及配套辅助用房，新购1台医用电子直线加速器（最大能量10MV）开展肿瘤放射治疗，新购一台模拟定位CT进行模拟定位。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号），本项目10MV医用电子直线加速器为II类射线装置，模拟定位CT为III类射线装置。

为加强辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等的规定，本项目在实施前须进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目直线加速器属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置的”，环评类别为环境影响报告表。为此，浙江省人民医院委托中辐环境科技有限公司开展“浙江省人民医院越城院区电子直线加速器建设项目（简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（委托书见附件1）。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环评报告表。

本项目模拟定位CT属于III类射线装置，且有明确的监督区和控制区划分、工艺流程连续完整、有相对独立的辐射防护措施，因此模拟定位CT可由建设单位另行单独办理环境影响登记备案，不作为本报告评价对象。

### **1.1.3 项目建设内容和规模**

本项目拟将高压氧舱楼改建为放疗楼，建设1间直线加速器机房及配套辅助用

房，新购 1 台医用电子直线加速器（X 射线最大能量为 10MV，电子线治疗最大能量为 22MeV，属 II 类射线装置），集成配套 1 套锥形束 CT（CBCT）影像引导设备，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA。

改建方案为：拆除南侧和东侧两侧墙体，并将原有高压氧舱内部隔断全部拆除，对直线加速器机房部分重新进行整体浇筑，对其余区域进行功能调整，改建前后建筑物平面布局图详见附图 4。

本项目直线加速器参数一览表见表 1.1-1。

**表 1.1-1 医用电子直线加速器的主要技术参数**

设备名称	数量	主要技术参数		
		X 射线能量	最大电子能量	最大剂量率
医用电子直线加速器	1 台	6MV 10MV	22MeV	6MV，最大剂量率 6Gy/min，FFF 模式下最大剂量率 14Gy/min； 10MV，最大剂量率 6Gy/min，FFF 模式下最大剂量率 24Gy/min。

#### 1.1.4 项目工作负荷及人员配置

##### （1）工作负荷

医用电子直线加速器：根据 GBZ/T201.2-2011 附录 A，医院典型加速器工作负荷取 W 取 1500Gy/周。本项目加速器在 X 射线最大为 10MV 时等中心处治疗模体内参考点的常用最高吸收剂量率（D<sub>0</sub>）为 6Gy/min，周治疗照射时间为： $t=W/D_0=1500$ （Gy/周）/6（Gy/min）=250min/周=4.2 小时/周，年工作 50 周，则加速器年出束时间为 210h。

##### （2）人员配置

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，包括医师 2 人，技师 2 人，物理师 2 人，均由浙江省人民医院朝晖院区调配。人员配置情况见表 1.1-3。

**表 1.1-3 直线加速器机房辐射工作人员配置情况一览表**

科室	岗位	人数（人）	备注
医用电子直线加速器	放疗医师	2	均由浙江省人民医院朝晖院区调配，同时兼职原有院区放疗相关工作
	放疗技师	2	
	放疗物理师	2	

本项目辐射工作人员均已参加了均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培训或国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格。

## 1.2 项目选址及周边环境保护目标

### 1.2.1 医院地理位置

浙江省人民医院越城院区位于浙江省绍兴市越城区敬宾路 299 号，地处人民东路南侧，医院分南北两个区块设置，两区块间由河道（胜利江）分隔，其中河道北侧区块为医疗用房，河道南侧区块为医院附属用房。医院东侧隔敬宾路为居民小区（东湖别墅小区、石马山小区）；西侧隔河道为居民小区（美龙家园），北侧隔人民东路为绿化空地，南侧隔河道为绿化空地。医院地理位置见附图 1。

### 1.2.2 项目周边环境关系

#### （1）项目机房与外部建筑环境关系

本项目直线加速器机房位于放疗楼。放疗楼东侧为院内绿化，隔绿化带为医技楼（距直线加速器机房约 35m），南侧为病房楼三（距直线加速器机房 11m），西侧为室外过道（距直线加速器机房约 3m）、院内绿化及河道，隔河道为美龙家园小区（距直线加速器机房约 33m），北侧为室外过道（距直线加速器机房约 6.4m）、病房楼二（距直线加速器机房约 20m）。周边环境关系详见附图 2，医院总平面布置详见附图 3。

#### （2）项目机房四至环境关系

本项目直线加速器机房位于放疗楼，东侧为院内绿化带，南侧为院内道路，西侧为控制室、水冷间设备用房，北侧为候诊区、模拟定位 CT 机房，隔候诊区为模拟定位 CT 机房控制室，楼上为不可上人屋顶，楼下为土层。

### 1.2.3 相关规划及选址合理性分析

本项目直线加速器机房选址于放疗楼一层，位于建筑物的底层，选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

本项目 50m 评价范围内主要为医院病房楼、医技楼、院内道路及绿化，美龙家园居民区部分区域和河道，主要环境保护目标为从事本项目辐射工作的职业人员及上述区域内活动的其他医患人员等公众和美龙家园居民区公众。项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施及管理措施后满足国家相关防护标准，不会对周围环境与公众造成危害，故选址合理。

### 1.3 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目直线加速器属于第六项“核能”中第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

### 1.4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目运行产生的经济和社会效益远大于其可能引起的辐射影响及采取辐射安全防护措施所付出的代价，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 1.5 绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

根据《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于越城区皋埠街道城镇生活重点管控单元（ZH3306022007），绍兴市生态环境分区管控单元图见附图7，本项目与相应生态环境准入清单符合性分析见表1.5-1。

表 1.5-1 越城区皋埠街道城镇生活重点管控单元生态环境准入清单

环境管控单元名称	要求	本项目情况	是否符合
越城区皋埠街道城镇生活重点管控单元	空间布局约束 1、禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业迁出或关闭。 2、禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得新增污染物排放总量。 3、严格执行畜禽养殖禁养区规定，城镇建成区内禁止畜禽养殖。 4、推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。	本项目为医院核技术利用项目，不属于工业项目。	符合

污 染 物 排 放 管 控	<p>1、管控单元内工业污染物排放总量不得增加。</p> <p>2、污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。</p> <p>3、加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。</p> <p>4、加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟和机动车尾气治理，严格施工扬尘监管。</p> <p>5、加强土壤和地下水污染防治与修复。</p>	本项目为医院核技术利用项目，不涉及工业污染物总量排放。	符合
环 境 风 险 防 控	<p>1、合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。</p>	项目实施后按要求建立企业环境风险管控应急措施及常态化隐患排查整治监管机制	符合
资 源 开 发 效 率 要 求	<p>1、全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到 2020 年，县级以上城市公共供水管网漏损率控制在10%以内。</p>	本项目所用能源主要为城市生活用水和电能，资源利用效率高。	符合

综上所述，本项目为医院核技术利用项目，不属于限制类产业，符合空间布局约束；不涉及工业污染物总量排放；本项目用地性质为医疗用地，符合绍兴市总体规划要求，且不属于重点环境风险管控企业，项目实施后按要求建立环境风险管控应急措施及常态化隐患排查整治监管机制，符合环境风险防控要求；本项目所用能源主要为城市生活用水和电能，符合资源开发效率要求。本项目符合绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

### 1.6“三线一单”原则符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108号），要求强化“三线一单”的约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

#### （1）生态保护红线

本项目位于浙江省人民医院越城院区，属于越城区皋埠街道城镇生活重点管控单元（ZH3306022007），不涉及生态保护红线，具体见附图 7。

#### （2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址及周围各监测点位的  $\gamma$  空气吸收剂量率处于当地本底水平范围之内。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。

### (3) 资源利用上线

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比量较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网，且利用效率高。总体而言，符合资源利用上线的要求。

### (4) 生态环境准入清单

本项目为医院核技术利用项目，不属于工业项目。结合本项目所在环境管控单元的环境准入清单，本项目满足生态环境准入清单的要求。

综上，项目能够符合“三线一单”的管控要求。

## 1.7 原有核技术利用项目许可情况

### 1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

浙江省人民医院现持有辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[01021]（见附件3）；发证日期：2022年11月04日，有效期至：2026年04月29日；许可的种类和范围为：使用I类、II类、III类、V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

### 1.7.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

浙江省人民医院越城院区于2023年11月建成，浙江省人民医院越城院区核技术利用项目于2023年7月6日取得环境影响评价文件的批复（浙环辐[2023]13号），批复建设内容为：拟在越城院区医技楼一层南侧设置核医学科，西侧DSA诊疗区设置两间DSA机房，三层手术中心设置一间杂交手术室。目前正在重新申领辐安证。

浙江省人民医院朝晖院区和望江山院区原有核技术利用项目许可情况见表1.7-1~表1.7-3。

表 1.7-1 医院原有放射源使用情况一览表

朝晖院区					
序号	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克）× 枚数	环评情况	验收情况
1	$^{60}\text{Co}$	I类	$2.2 \times 10^{14}$	浙环辐[2012]72号	浙环辐验[2011]13号

2	<sup>68</sup> Ge	V类	4.6×10 <sup>7</sup> *2	杭环辐评批[2011]7号	浙环辐验[2016]22号
3	<sup>68</sup> Ge	V类	9.3×10 <sup>7</sup> *1	杭环辐评批[2011]7号	浙环辐验[2016]22号
4	<sup>192</sup> Ir	III类	3.7×10 <sup>11</sup> *1	杭环辐评[2017]18号	自主验收

表 1.7-2 医院原有非密封放射性物质使用情况一览表

朝晖院区								
序号	核素名称	使用场所	日等校最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)	场所等级	活动种类及范围	环评情况	验收情况
1	<sup>18</sup> F	核医学科	4.0×10 <sup>9</sup>	2.0×10 <sup>13</sup>	乙级	使用	杭环辐批[2011]7号	浙环辐验[2016]22号
2	<sup>99m</sup> Tc	核医学科	3.6×10 <sup>9</sup>	9.0×10 <sup>13</sup>	乙级	使用		
3	<sup>131</sup> I	甲癌病房	3.7×10 <sup>9</sup>	1.85×10 <sup>12</sup>	乙级	使用		
4	<sup>131</sup> I	核医学科	8.0×10 <sup>8</sup>	2.0×10 <sup>12</sup>	乙级	使用		
	<sup>89</sup> Sr	核医学科	1.2×10 <sup>8</sup>	3.0×10 <sup>11</sup>	乙级	使用		
5	<sup>153</sup> Sm	核医学科	4.4×10 <sup>8</sup>	2.5×10 <sup>11</sup>	乙级	使用	杭环辐评批[2017]18号	浙环辐验[2017]15号
6	<sup>125</sup> I (粒子源)	核医学科	1.036×10 <sup>7</sup>	2.85×10 <sup>11</sup>	乙级	使用		
7	<sup>125</sup> I (粒子源)	核医学科	1.036×10 <sup>7</sup>	2.07×10 <sup>11</sup>	乙级	使用		
8	<sup>188</sup> Re	核医学科	1.85×10 <sup>8</sup>	2.22×10 <sup>11</sup>	乙级	使用		自主验收
9	<sup>32</sup> P	核医学科	1.48×10 <sup>7</sup>	1.776×10 <sup>10</sup>	乙级	使用		

表 1.7-3 医院现有射线装置使用情况一览表

序号	名称	型号	工作场所	备注
朝晖院区				
1	口腔CT	ORTHOPHOSSL3D	口腔CT室: 6号楼保健中心	备案号: 202133010300000088
2	CT	OptimaCT540	6号楼体检机房	备案号: 201933010300000165
3	CT	Brilliance	发热门诊CT机房: 发热门诊CT机房	备案号: 202033010300000149
4	CT	AS128	放疗科	已许可
5	多排CT	DISCO VERYC T590RT	放疗科: 放疗科	已许可
6	CT	AQUILION/ONETSX-301A	放射科1楼机房	已许可
7	CT	西门子 Incisive	放射科1楼机房: 8号机房	备案号: 202233010500000088

8	CT	SOMAT OM	放射科1楼机房: 7号 机房	备案号: 202033010300000150
9	CT	AS40	放射科1楼机房	已许可
10	PET-CT	MCT64	核医学科	已许可
11	骨密度仪	LUNAR Prodigy	6号楼体检机房	备案号: 201933010300000063
12	DR	Digital Diagnost	6号楼体检机房	
13	CT	Optima CT540	6号楼体检机房	
14	骨密度仪	Prodigy	6号楼体检机房	
15	高频移动式C臂机	XHX500	放疗科	已许可
16	DR	Digital Diagnost	放射科1楼机房	备案号: 202233010500000088
17	DR	Digi Eye 680p	放射科1楼机房: 4号 机房	备案号: 202033010300000149
18	医用诊断X射线机	Definium6000	放射科1楼机房	已许可
19	CT	SOMATOM Definition As	放射科1楼机房: 9号 机房	备案号: 201933010300000063
20	移动式X射线机	XR220amx	放射科1楼机房	已许可
21	移动式X射线机	Mobi Eye 700T	放射科1楼机房	备案号: 201933010300000315
22	移动DR机	Mobi Eye 700T	放射科1楼: 放射科	备案号: 202033010300000149
23	移动X光机	MOBIL ETTXP Digital	放射科1楼机房	已许可
24	移动X光机	MUX-100DJ	放射科1楼机房	已许可
25	移动X光机	MUX-100DJ	放射科1楼机房	已许可
26	DR	Digital Diagnost	放射科2楼机房	已许可
27	数字胃肠机	Luminos Fusion	放射科2楼机房: 11 号机房	备案号: 202033010300000149
28	乳腺钼靶机	Senographe Essential	放射科2楼机房: 12 号机房	备案号: 202233010500000088
29	骨密度仪	Lunar IDXA	骨密度室	备案号: 202333010500000050
30	SPECT	InfiniaVG3	核医学科	已许可
31	牙片机	Planmeca Pro X	牙片室	已许可
32	口腔CT	Planmeca Promax 3D	口腔CT室	备案号: 202133010600000060
33	移动X光机	OEC9900	内镜中心	已许可
34	移动式C臂X光机	BV Libra	手术室机房	备案号: 202033010300000066
35	移动式C臂X光机	Cios Select S3	手术室机房	备案号: 201933010300000315
36	移动式C臂X光机	BV Libra	手术室机房	已许可

37	碎石机	Duet Magna	碎石机房	已许可
38	骨密度仪	Lunar IDXA	骨密度室	备案号： 202333010500000050
39	直线加速器	西门子 ONCOR Impress	放疗科	浙环辐[2007]13号； 浙环辐射验收[2011]13号
40	直线加速器	Elekta Infinity	放疗科：直线加速器 机房	杭环辐评批 [2017]18号；自主验收
41	DSA	UNIQF D10	6号楼 DSA 机房	杭环辐评批 [2019]12号；自主验收
42	DSA	Artis zeeIIIceiling	6号楼DSA 机房： DSA1	杭环辐射评批[2020]17号；自主验收
43	DSA	IGS520	6号楼 DSA 机房	
44	DSA	AlluraXperFD20	放射科2楼机房	浙环辐[2007]13号； 浙环辐射验收[2011]13号
45	DSA	AXIOM Artis	放射科2楼机房	
46	DSA	UNIQ FD20	放射科2楼机房：放射 科DSA机房1	杭环辐评批 [2020]17号；设备未安装
47	DSA	DiscoveryIGS70R	手术室机房	
48	回旋加速器	/	核医学科	浙环辐 [2011]7号；设备未安装
望江山院区				
49	口腔CT	SS-X9010DPro-3DE	望江山院区放射科机房	已许可
50	CT	Bright Speed Elite	望江山院区放射科机房	已许可
51	DR	DR-F	望江山院区放射科机	已许可
52	DR	DigiEye680p	望江山院区放射科机房：望江山 DR 机房	备案号： 202033010600000330
53	骨密度仪	Lunar Prodigy	望江山院区放射科机房	已许可
54	移动DR机	MobiEye700T	望江山院区放射科机房：望江山放射科	备案号： 202033010600000330

### 1.7.3 现有核技术利用管理情况

(1) 建设单位已成立了辐射安全管理委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《放射科质量与安全管理制度》、《核医学科辐射管理制度》、《放疗科机房安全防护管理制度》、《直线加速器治疗操作制度》、《放疗科突发急救事件应急预案》、《辐射事故应急预案》、《辐射安全与防护保卫制度》等。建设单位原有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。本项目运行后，医院拟完善相关辐射管理制度，严格落实并做

好维护、管理和运行工作。

(2) 医院现有辐射工作人员均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培训或国家核技术利用辐射安全与防护培训，并考核合格，考核成绩单在有效期内。

(3) 医院辐射工作人员全部配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据2023年2月~2024年1月（4个检测周期）的个人剂量检测统计结果，全院辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值5mSv。医院现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过2年。根据医院提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

(4) 现有射线装置已按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中表3及6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施要求配置，现有直线加速器机房已按《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求采取防护措施，现有核医学科已按《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求采取防护措施。

(5) 建设单位每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

(6) 医院已制定《核医学科辐射事故应急预案》、《放射科辐射应急预案》《放疗科放射事故应急处理预案》等一系列应急预案，并每年定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自核技术利用项目开展以来，未发生过辐射事故。建设单位每年编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射性同位素和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射性同位素和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况、监测仪器情况等进行了年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

### 表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II类	1	待定	电子	X射线: 10MV 电子线: 22MeV	6MV, 最大剂量率 6Gy/min, FFF 模式下最大剂量率 14Gy/min 10MV, 最大剂量率 6Gy/min, FFF 模式下最大剂量率 24Gy/min	肿瘤治疗	放疗楼一层	新购

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源a

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 ( $\mu$ A)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。
废靶（加速器）	固态	/	/	/	/	/	不暂存	由设备生产厂家回收最终送交有资质的单位回收处置，医院不暂存。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2014 年), 自 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 48 号 2016 年修订, 2016 年 9 月 1 日起施行) 及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》(第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议, 2018 年 12 月 29 日);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年), 自 2003 年 10 月 1 日起实施;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(中华人民共和国国务院令第 682 号, 2017 年), 自 2017 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(5) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号公布), 自 2024 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订), 2019 年 3 月 2 日起施行;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第 18 号), 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日经国家环境保护总局令第 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改; 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改);</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》(环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号, 2017 年), 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(10) 《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会, 浙环函[2019]248 号);</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布, 根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第一次修正, 根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省人民政府</p>
------------------	--

	<p>关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》第二次修正，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》第三次修正)；</p> <p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》(2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》修正)；</p> <p>(13) 浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2023 年本)》的通知(浙环发[2023]33 号)；</p> <p>(14) 《绍兴市生态环境局关于授权各分局办理部分行政许可事项的通告》，绍市环函〔2020〕10 号；</p> <p>(15) 关于《发布市本级负责办理的行政许可事项清单(2023 年本)的通知》的补充说明，绍市环发〔2023〕62 号。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(9) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 《放射防护实用手册》，赵兰才、张丹枫；</p> <p>(3) 医院提供的其它与本项目有关的技术资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1评价范围

根据本项目的实际情况，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，本项目辐射环境影响评价范围取拟建直线加速器机房实体屏蔽物边界外50m区域，评价范围详见附图3。

### 7.2保护目标

根据现场踏勘情况，本项目评价范围内主要为医院病房楼、医技楼、院内道路及绿化、西侧美龙家园小区部分居民楼和河道，评价范围示意图详见附图3。

本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员以及评价范围内医院其他非辐射工作人员和美龙家园小区公众等。

表7.2-1 项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	距离本项目实体边界最近距离（m）		规模	人员类别
			水平	垂直		
直线加速器机房	控制室	西侧	0	0	6人	职业
	院内绿化及道路	东侧	0	0	流动人员	公众
	医技楼	东侧	35	0	约500人次/d	公众
	院内过道及绿化	南侧	0	0	流动人员	公众
	病房楼三	南侧	11	0	约500人次/d	公众
	水冷间设备用房	西侧	0	0	一般无人员停留	公众
	室外过道及绿化	西侧	3	0	流动人员	公众
	河道	西侧	15	0	一般无人员停留	公众
	美龙家园小区部分居民楼	西侧	33	0	约100人次/d	公众
	候诊室区	北侧	0	0	约40人次/d	公众
	模拟定位CT室及控制室	北侧	0	0	4人	职业*
	室外过道及绿化	北侧	6.4	0	流动人员	公众
	病房楼二	北侧	20	0	约500人次/d	公众
	50m范围内其他公众	/	0~50	0~50	约500人次/d	公众

注：\*为模拟定位CT辐射工作人员，非本项目辐射工作人员。

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002):

#### 1) 职业照射

4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv。

#### 2) 公众照射

B1.2.1 款 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv;

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021):

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求:

a) 一般情况下, 从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

综上所述, 本项目的辐射工作人员职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a, 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

### 7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)

#### 5 选址、布局与分区要求

##### 5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响, 不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设, 或设置在多层建筑物的底层的一端, 尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域, 或人员流动性大的商业活动区域。

##### 5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

## 6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

### 6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量  $250 \mu\text{Sv}$  加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按  $100 \mu\text{Sv/h}$  加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

## 8 放射性废物管理要求

### 8.1 总体要求

医疗机构应尽量减少放射性废物的产生；对产生的放射性废物按核素的种类、活

度、半衰期、理化性质等分类收集处理。

## 8.2 固体废物管理要求

### 8.2.2 其他固体废物管理要求

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

## 8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

## 9 辐射监测要求

### 9.1 监测管理

9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。

9.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。

### 9.2 放射治疗工作场所监测

9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- $\gamma$  辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30 cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- $\gamma$  辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。

9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。

### 9.3 环境监测

9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于1次/年。

#### 9.4 个人剂量监测

9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。

9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

浙江省人民医院越城院区位于浙江省绍兴市越城区敬宾路 299 号，医院北侧是人民东路，东侧是敬宾路，南侧隔河道为绿化空地，西侧隔河道为居民小区（美龙家园）。医院地理位置见附图 1。

本项目直线加速器位于放疗楼一层。辐射工作场所具体位置详见附图 3。

### 8.2 环境电离辐射现状

本项目为射线装置的使用，根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)相关内容，拟使用低能电子加速器（II类射线装置），现状监测项目选择 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

### 8.3 辐射水平现状监测

#### （1）监测依据

《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)

#### （2）监测因子和监测方案

环境现状评价的对象：拟建辐射项目区域及周边环境

①监测因子： $\gamma$  空气吸收剂量率

②监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

③监测日期：2024 年 2 月 26 日；

④监测条件：温度 6°C，相对湿度 55%，阴

⑤监测频次：依据 HJ 1157-2021、HJ 61-2021 予以确定

⑥监测仪器：便携式 X、 $\gamma$  辐射周围剂量当量率仪

表 8.3-1 监测设备信息

仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H+6150 AD-b/H
生产厂家	AUTOMESS
仪器编号	05038132
能量范围	38keV-7MeV
剂量率范围	模拟量程：10nSv/h-100 $\mu$ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 $\mu$ Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2024H21-20-5074963002
检定有效期	2024 年 2 月 1 日~2025 年 1 月 31 日

### (3) 质量保证措施

a 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

b 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

d 监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

e 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

## 8.4 监测点位和监测结果

### 8.4.1 监测点位

由于本项目拟建区域内环境状况较为单一。考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在项目拟建场所布设监测点，并且在医院边界及周围环境状况不一致的区域布设监测点。具体监测点位布置情况详见图 8.4-1~8.4-2。

### 8.4.2 监测结果

本项目  $\gamma$  空气吸收剂量率现状监测结果详见表 8.4-1。

表 8.4-1 本项目  $\gamma$  空气吸收剂量率现状监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)
1#	拟建放疗楼内 1 号点	121±3
2#	拟建放疗楼内 2 号点	110±2
3#	拟建放疗楼内 3 号点	112±2
4#	拟建放疗楼内 4 号点	118±2
5#	拟建放疗楼内 5 号点	129±2
6#	拟建放疗楼内 6 号点	119±2
7#	拟建放疗楼内 7 号点	125±2
8#	拟建放疗楼内 8 号点	133±2

9#	拟建放疗楼内 9 号点	119±2
10#	拟建放疗楼内 10 号点	121±1
11#	拟建放疗楼内 11 号点	124±2
12#	拟建放疗楼内 12 号点	125±1
13#	西侧院内道路	92±2
14#	北侧院内道路	103±2
15#	东侧院内道路	122±2
16#	南侧院内道路	93±2
17#	病房楼二	136±2
18#	病房楼一	129±1
19#	美龙家园小区	82±2
20#	病房楼三	136±2

注：1、测量时探头距离地面约 1m；  
 2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；  
 3、环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子  $k_1$ ×仪器检验源效率因子  $k_2$ ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子  $k_3$ ×测量点宇宙射线响应值  $D_c$ ，校准因子  $k_1$  为 1.07，仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，效率因子  $k_2$  取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， $k_3$  楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 26nGy/h。

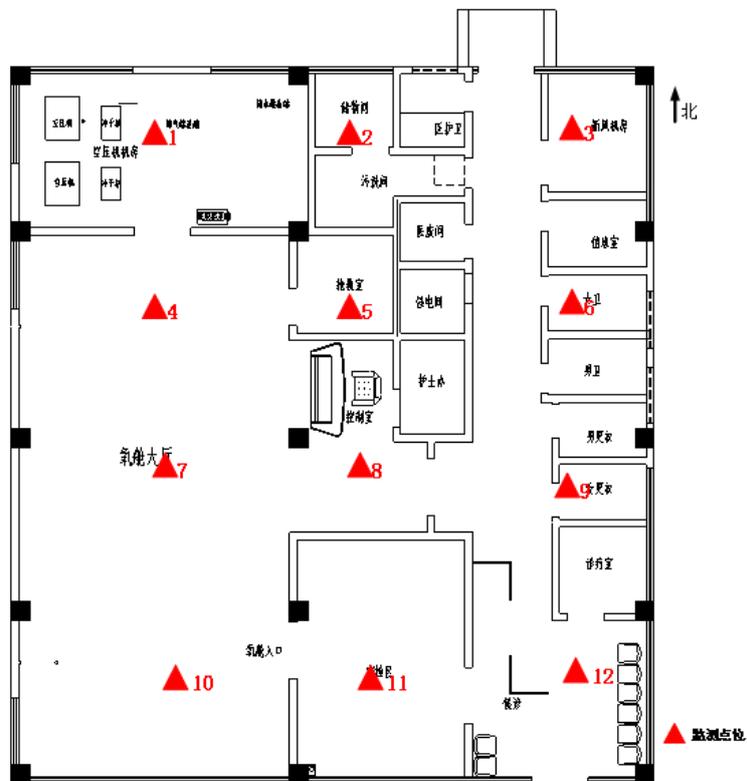


图 8.4-1 本项目拟建放疗楼辐射质量现状监测点位图 1



图 8.4-2 本项目拟建放疗楼四周辐射质量现状监测点位图 2

根据表8.4-1可知，本项目拟建场址及周围各监测点室内 $\gamma$  辐射剂量率在 $82\text{nGy/h} \sim 136\text{nGy/h}$ ，即  $8.2 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 13.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，室外 $\gamma$  辐射剂量率在 $92\text{nGy/h} \sim 122\text{nGy/h}$ ，即  $9.2 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 12.2 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，绍兴市已扣除仪器对宇宙射线的响应值的建筑物室内 $\gamma$  辐射剂量率在 $6.11\text{Gy/h} \sim 33.5 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，室外道路上 $\gamma$ 辐射剂量率在 $5.1\text{Gy/h} \sim 15.4 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，可见本项目拟建辐射工作场所及周围 $\text{X-}\gamma$ 辐射剂量率处于当地天然辐射水平范围之内。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工艺分析及产污环节

本项目无新增建筑物，施工内容主要为机房及相关配套设施改造和防护装修。

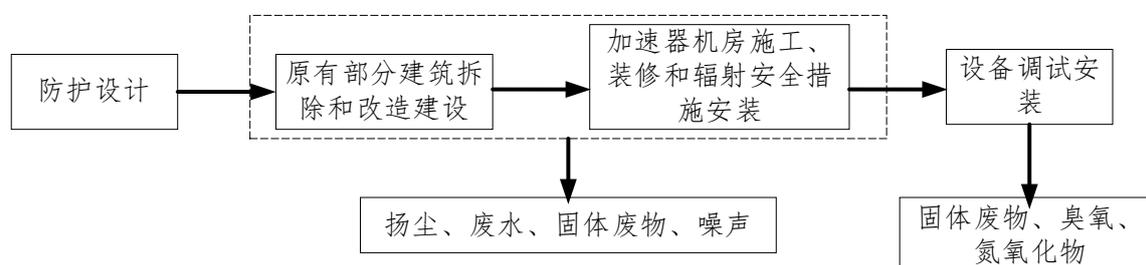


图 9-1 施工期工艺及产污环节图

#### 9.1.1 废气

由于本项目施工期工程量较小，主要采用商品混凝土浇筑，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

#### 9.1.2 噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小且施工期短，故施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标；适当设置临时声障。

#### 9.1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水主要为少量车辆冲洗水，经沉淀处理后用于场地洒水抑尘等，生活污水产量较小，可依托医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

#### 9.1.4 固体废物

本项目在施工期会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

### 9.2 工程设备和工艺分析

#### 9.2.1 放疗科

##### 9.2.1.1 直线加速器

### (1) 设备参数

根据医院提供的资料，本项目拟新增医用电子直线加速器的主要参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 医用电子直线加速器的主要参数表

参数名称	参数值
最大能量	X 射线最大能量：10MV； 电子线最大能量：22MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%
最大出束角度	28°
源轴距 SAD	1m
等中心高度	1.3m
最大剂量率	6MV，最大剂量率 6Gy/min，FFF 模式下最大剂量 14Gy/min 10MV，最大剂量率 6Gy/min，FFF 模式下最大剂量 24Gy/min
最大照射野	40cm*40cm
机架旋转角度	±180°

### (2) 工作原理

医用电子直线加速器是产生高能电子束和高能 X 线束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，因此，医用电子直线加速器可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。医用电子直线加速器可根据所治疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出剂量对人体肿瘤进行照射治疗。

电子束治疗模式用于人体浅表放射治疗，与 X 线的放疗不同，它是由在加速器中被加速到一定能量的电子束被直接引出，作用于人体皮肤、浅表组织上的肿瘤或者是瘢痕细胞，可引起具有生物活性的有机化合物分子发生电离激发和化学键断裂，产生自由基，从而引起正常功能和代谢作用的障碍，减少成纤维细胞的增生、抑制胶原的合成等，可以达到杀伤肿瘤和抑制瘢痕增生的效果。

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的直线加速器，属于 II 类射线装置，它的结构单元主要有加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。本项目拟配置的直线加速器有两种治疗模式：①电子束治疗模式，当直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人，电子线到达预定部位后能量迅速下降，因而能大大减少射线对病变后面正常组织的危害，特

别适于体表或靠近体表的各种肿瘤，例如，采用电子线治疗乳腺癌，肺部及心脏；  
②X 线治疗模式，电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。

FFF 模式：X 射线未经过准直器和滤线器调整，直接进入患者病灶，从而实现治疗目的，该技术具有治疗精度高，治疗周期短，单次剂量大，正常组织保护好，等效生物剂量高等特点。

CBCT 是近年发展起来的基于大面积非晶硅数字化 X 射线探测板的锥形束 CT，具有体积小，重量轻，开放式架构的特点，可以直接整合到直线加速器上。设备机架旋转一周就能获取和重建一个体积范围内的 CT 图像。这个体积内的 CT 影像重建后的三维患者模型可以与治疗计划的患者模型匹配比较并得到治疗床需要调节的参数。平板探测器的读数装置和探测器结合在一起，本身就具有提高空间分辨率的优势，达到比传统的 CT 更高的空间分辨率，密度分辨率也足以分辨软组织结构，可以通过肿瘤本身成像引导放疗。

### （3）设备组成

医用电子直线加速器主要装置包括沿水平轴旋转光子束框架、沿垂直轴旋转的治疗床、控制光子束准直器、定向架或变形塑料定向架。典型的直线加速器的结构系统如图 9.2-1。

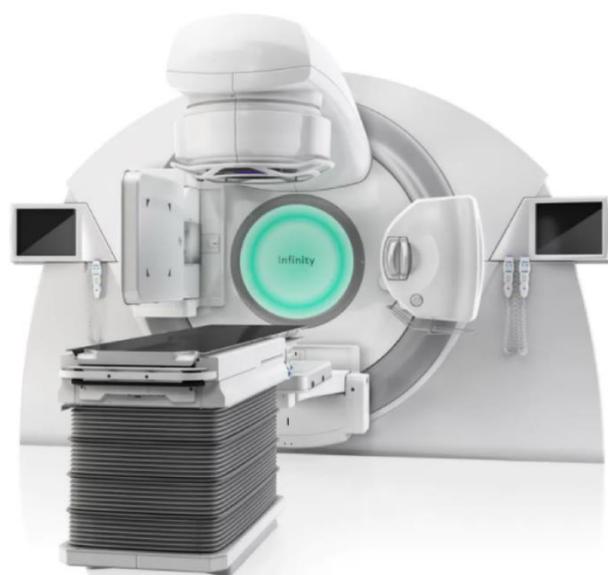


图 9.2-1 典型的直线加速器的结构系统图

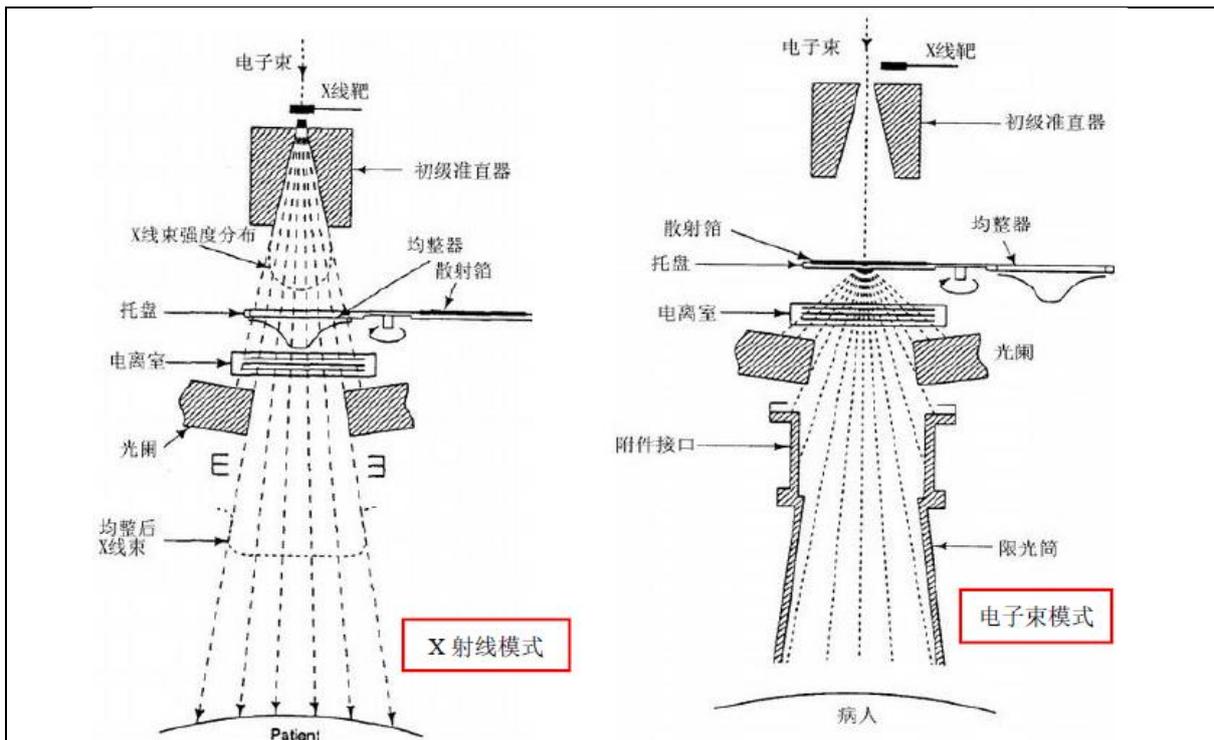


图 9.2-2 X 射线和电子束治疗模式结构示意图

#### (4) 工作流程及产污环节

直线加速器在进行放射治疗时，患者在射线机房内，医务操作人员位于射线机房外隔室操作。治疗时，射线机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入射线机房。

直线加速器治疗项目的操作流程如下，其工作流程及产污环节见图 9.2-3：

- ② 根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- ② 预约病人先在北侧模拟定位 CT 机（该设备由医院另行备案）上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心，工作人员隔室操作；
- ③ 确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医师给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成；
- ④ 医护人员和患者进入直线加速器机房，医护人员进行指导摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积，随后医务人员撤出直线加速器机房，确认机房内除了受诊患者无其他人员。
- ⑤ 医务人员撤出机房后并确认机房内除了受诊患者无其他人员。随后使用锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正放疗体位。

⑦治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开。

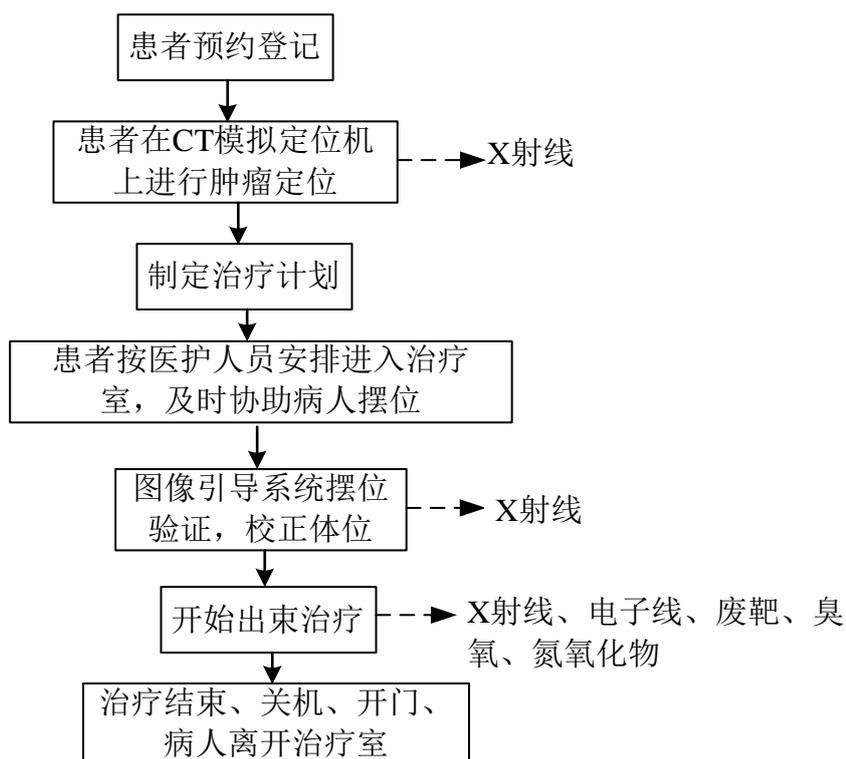


图 9.2-3 医用电子直线加速器的作业流程及产污环节示意图

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中第 6.1.2 条要求，大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。本项目使用的加速器 X 射线最大能量为 10MV，不考虑中子和感生放射性的影响。

正常工况下：射线装置治疗污染源项主要为开机状态下产生的 X 射线和电子线，同时其产生少量臭氧及氮氧化物。另外，直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生。

#### (5) 人员路径（详见附图 5）

##### ①患者路径

患者从北侧放疗楼入口进入候诊区等候，根据叫号后进入直线加速器机房进行治疗，治疗结束后原路返回。

##### ②医护人员路径

医护人员通过北侧放疗楼入口进入候诊区，随后进入直线加速器机房控制室，完成工作后原路返回。

## 9.3 污染源项描述

### 9.3.1 正常工况下污染源项描述

#### (1) X射线

直线加速器运行时，从电子枪发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金靶上，产生 X 射线用于治疗。本项目加速器 X 射线最大能量为 10MV。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，包含以下几种 X 射线辐射：

#### ①有用线束

当直线加速器光阑完全打开时，从辐射头靶射出的 X 射线为一个半角  $14^\circ$  的锥形线束，其能量为 10MV。有用线束是唯一用于治疗目的的射线。

#### ②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处，因此泄漏线辐射源到任一点的距离会因机架角度不同而变化。

#### ③散射辐射

当有用线束射入治疗床上的人体时，会产生散布于各个方面上的次级散射辐射，这种射线的能量和剂量率比有用线束低得多，剂量率大小决定于被照区域，初级射线能量和散射角度。

直线加速器停止运行后，无 X 射线污染产生。

#### (2) 电子线

加速器产生高能电子线，能量为 22MeV，随机器的开关而产生和消失。

#### (3) 废靶

直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生。

#### (4) 臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中，X 射线作用于空气以及次级辐射等因素，可产生少量臭氧及氮氧化物，通过排风系统排入大气。

综上，开机期间，医用电子直线加速器主要污染因子为 X 射线，其次为电子线，另有废靶、少量臭氧和氮氧化物。

### 9.3.2 非正常工况污染源项描述

①安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行加速

器，则可能造成误照射事故。

②除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中人员停留情况便运行加速器，可能会造成机房中人员误照射。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所平面布局

本项目直线加速器机房位于放疗楼一层。

本项目加速器机房（治疗室）与控制室、水冷间设备用房分开设置，控制室位于加速器机房西侧。加速器机房由治疗室、迷路和防护门组成，且有用线束不向迷路和控制室照射。机房选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。加速器机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中选址和布局要求，布局合理。

本项目直线加速器机房的治疗室与控制室均分开设置，加速器机房治疗室面积为 62.8m<sup>2</sup>（不含迷路），经建设单位、设计单位和设备厂商确认，本项目机房面积能够满足临床使用需求。机房治疗室入口设置了直迷路，放射治疗场所布局满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中“治疗设备控制室应与治疗机房分开设置”、“放射治疗机房应有足够的有效使用空间”的要求。

综上所述，本项目加速器机房工作场所布局合理。

加速器机房辐射工作场所位置及四周布局见表 10.1-1，平面布局及周围环境关系见附图 2 和附图 3。

表 10.1-1 加速器机房周围环境关系一览表

辐射场所	位置	东侧	南侧	西侧	北侧	上方	下方
直线加速器机房	放疗楼一层	室外过道	室外过道	控制室、水冷间设备用房	候诊区、模拟定位 CT 室、模拟定位 CT 控制室	不可上人屋顶	土层

#### 10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198—2021)中分区原则：放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含

迷路)等场所,如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室,直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区(如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等)。

本项目将直线加速器机房内部(包括迷道)划定为控制区,将西侧控制室、水冷间设备用房及防护门外1m处划定为监督区。两区划分图见附图5。

### 10.1.3 工作场所防护屏蔽设计

本项目加速器机房四侧墙体和顶棚采用标准混凝土( $\rho=2.35\text{g}/\text{cm}^3$ )浇筑而成,加速器防护门拟采用内衬铅板的不锈钢门。加速器机房平面布局详见图10.1-2,剖面图详见图10.1-1。

表 10.1-2 加速器机房屏蔽设计参数

机房名称	方位	区域	照射线束	材料及厚度
直线加速器机房	东	侧墙	非有用线束	1500 mm 混凝土
	南	主屏蔽墙	有用线束	3000 mm 混凝土
		次屏蔽墙	非有用线束	1500 mm 混凝土
	西	迷道外墙	非有用线束	1086 mm 混凝土~1500 mm 混凝土
		迷道内墙	非有用线束	1500 mm 混凝土
	北	主屏蔽墙	有用线束	3000 mm 混凝土
		次屏蔽墙	非有用线束	1500 mm 混凝土
	顶棚	主屏蔽墙	有用线束	3000 mm 混凝土
		次屏蔽墙	非有用线束	1500 mm 混凝土
防护门				内衬 20mm 铅板

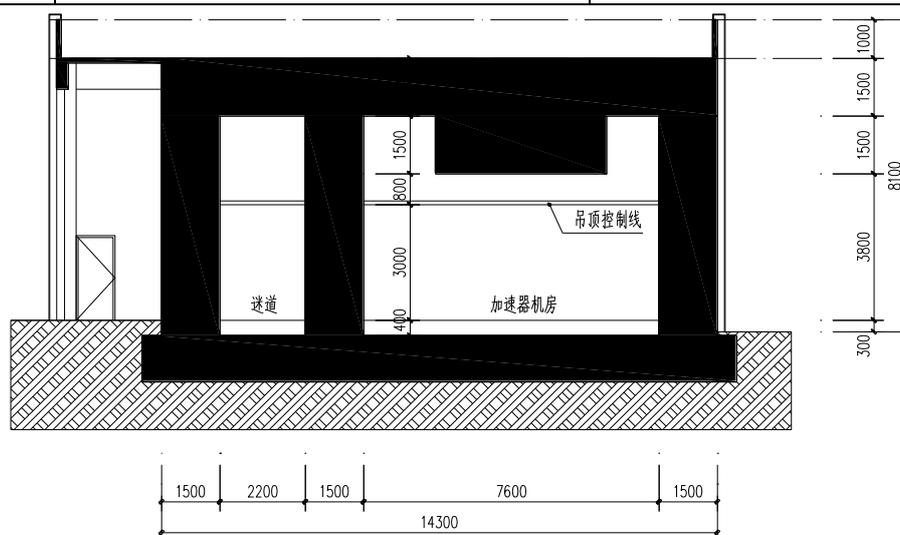


图 10.1-1 加速器机房剖面图

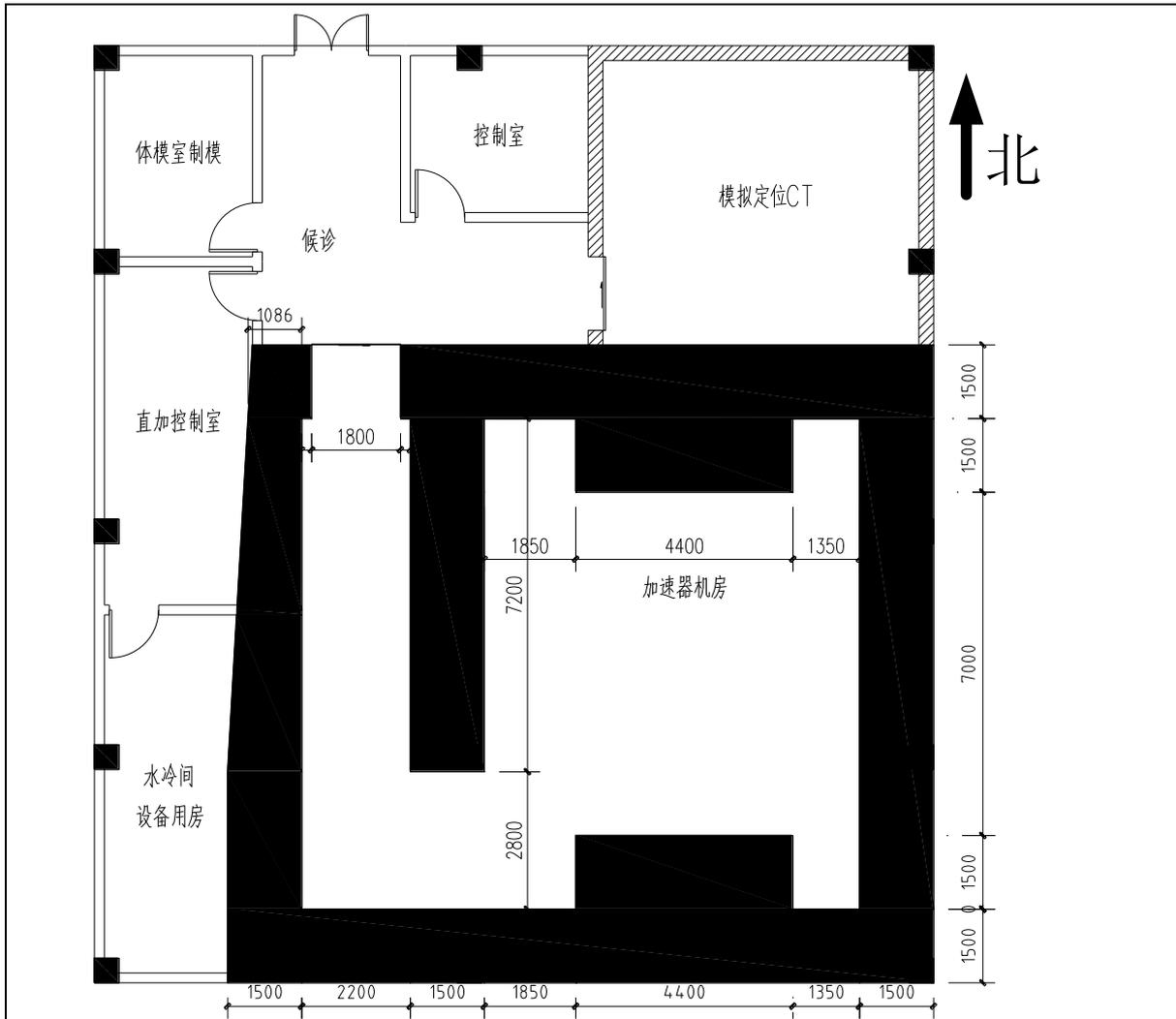


图 10.1-2 直线加速器机房平面图

### 10.1.4 直线加速器安全防护措施

#### (1) 设备固有安全性

本项目直线加速器拟购于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，本身具备多种安全防护措施。

①控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。

②病人剂量监测与治疗控制安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量联锁、治疗时间联锁和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定值时，联锁装置会自动停止照射。

③运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，在手控盒两侧设置了运动使能开关，只有当左右两侧的开关同时按下时才有可能对机器运动部件进行启动和控制。

④红色紧急开关。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

⑤剂量测试系统。在控制系统主菜单中有“剂量系统测试”部分，可以随时了解病人剂量情况。

⑥密码设置。设置有密码，操作密码只有相关的专业技术人员或授权人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑦系统操作联锁。加速器设置了硬件联锁，在非正常操作或在异常情况下，可以停止机器运行或切断电源，以备特殊情况下应急之用。系统操作联锁情况见下表 10.1-3。

**表 10.1-3 加速器硬件联锁一览表**

名称	装置部位	功能	备注
紧急开关	主机架、治疗床及控制台	紧急切断系统控制电源	意外情况下可以切断控制电源
碰撞保护环	附件盘、影子盘	发生碰撞时停止机械部件运动	发生碰撞时自动停止机器运动
运动部件二级限位开关	旋转机架、治疗床升降、辐射头旋转	二级限位开关，切断动力电源	异常情况切断动力电源

(2) 加速器机房辐射防护设施设计

①固定式剂量报警装置：加速器机房内迷道口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在主机面板上，实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

②视频监视系统、对讲系统：加速器机房的治疗室和控制室之间安装有监视器 5 个（东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、西侧迷道内墙 1 个）、对讲装置 1 套，控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

③急停按钮：直线加速器机房的治疗室和控制室设置 6 个急停开关（控制台各 1 个，东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、迷道内墙 1 个），急停开关为红色按钮式开关，高度约 1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停开关，按下后不能自动复位，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。急停开关设置满足应急需求，布置位置和数量合理可行。

④设置门机安全联锁、门机联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外线探测防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。

⑤加速器机房入口处设置紧急开关门装置、电离辐射警告标志和中文警示说明。

直线加速器机房内安全防护设施分布如图 10.1-3 所示。

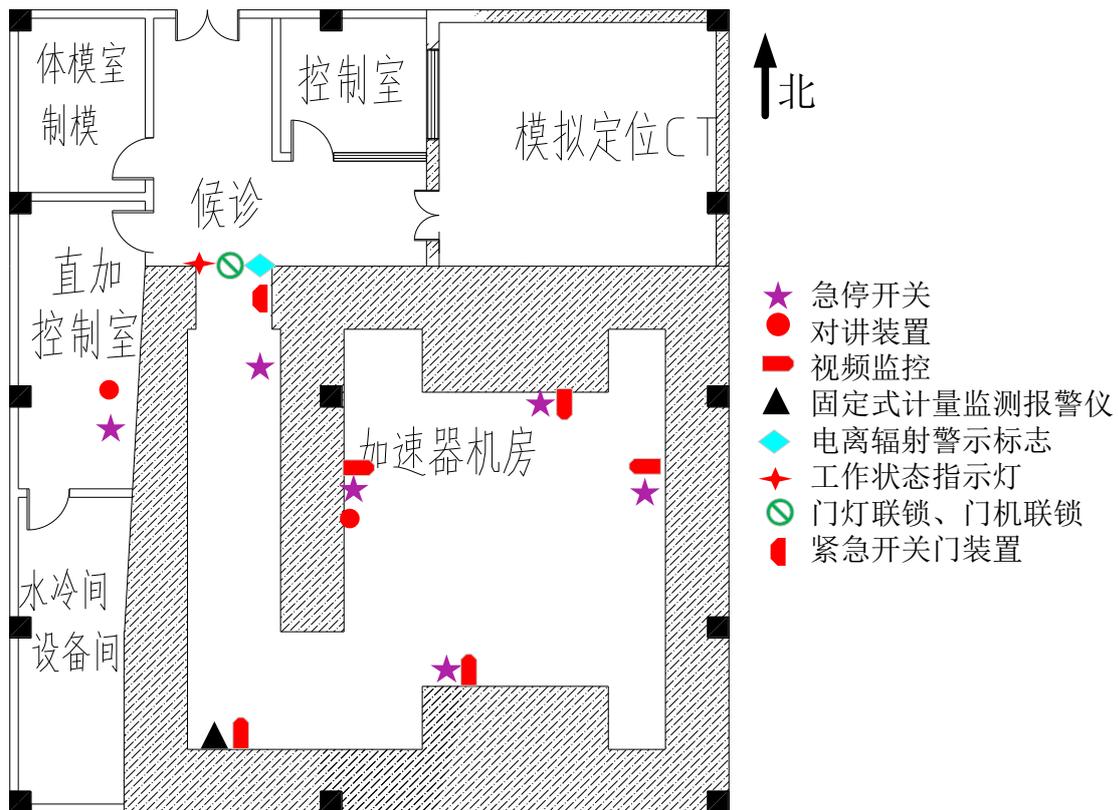


图 10.1-3 加速器机房紧急开关、监视系统等安全设施分布示意图

### (3) 其他防护措施

①每个辐射工作人员均配备 1 枚 TLD 个人剂量计；本项目直线加速器工作人员共需配备 2 台个人剂量报警仪和 6 枚 TLD 个人剂量计；

②配备 1 台便携式 X- $\gamma$  剂量率监测仪；

③控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责、辐射事故应急预案等；

④放射治疗工作场所入口设置电离辐射警告标志，受检者出入口门外设置黄色警戒线、电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

### (4) 加速器机房通风、电缆管线设置

#### ①通风

直线加速器运行过程中，治疗室空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物。据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，治疗室的通风换气次数应不小于 4 次/小时。本项目加速器治疗室拟安装有效通风量不小于 1500m<sup>3</sup>/h 的风机进行通风，通风换气次数不小于 5 次/h。为避免影响屏蔽效果，新风管线和排风管线拟由防护门上方外墙进入机房，风管采用 5mm 钢板，包裹 8mm 铅板作为屏蔽补偿，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。风管拟以“U”型穿墙，绕经迷路进入治疗室，新风口设置在在机房西侧天花板上；排风口设置在机房东角和东南角墙角处，风管底部（排风口）离地 30cm，上进风，下排风，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从防护门上方通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，穿墙方式见图 10.1-4。

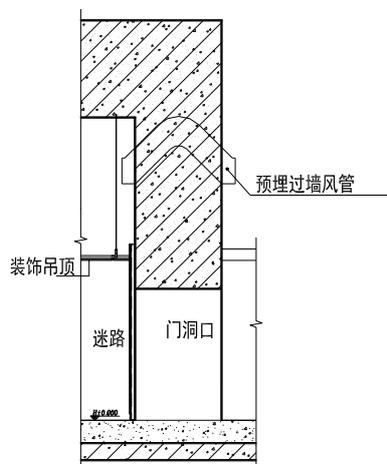
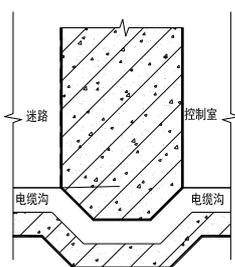


图 10.1-4 加速器机房新风管线、排风管线穿墙示意图

## ②电缆及水管布设

加速器治疗室与控制室操作台之间的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下布设，电缆沟盖板采用 3mm 钢板覆盖，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。电缆管线拟以“U”字型穿墙，管道穿墙方式见图 10.1-5。其他所有电、水、气管、物理测试管线布设走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束投照部位采用斜 45°形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填相应厚度的铅板。



电缆沟穿墙大样图

图 10.1-5 加速器机房电缆穿墙示意图

### 10.1.5 直线加速器机房辐射安全与防护措施符合性分析

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），本项目机房设置符合性分析如表 10.1-4 所示。

表 10.1-4 直线加速器机房设置符合性分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021) 中相关防护要求	项目设计情况	符合性
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目直线加速器机房选址于放疗楼一层，位于建筑物的底层，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	符合
放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括治疗室（含迷路）等场所。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。	项目采取分区管理，将直线加速器机房内部（包括迷道）划定为控制区，将西侧控制室、水冷间设备用房及防护门外 1m 处划定为监督区。	符合
放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，	加速器机房有用线束照射的防护墙（包括顶棚）按初级辐射防护要求进行设计，其余按照次级辐射防护要求进行设计。通过预测分析，治疗机房有用线束照射方向的防护设计满足主	符合

同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	射线束的防护要求，其余方向的防护设计满足泄漏辐射及散射辐射的防护要求。	
放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	本项目加速器机房设计安装动力通排风系统。机房内设置2个进风口、2个排风口，排风量为1500m <sup>3</sup> /h，通风换气次数不小于5次/小时。废气经排风系统引至放疗楼楼顶排放，排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置。	符合
放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；放射治疗室应设置门-机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。	本项目设置门机安全联锁、门机联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。	符合
放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。	本项目加速器机房防护门上设计安装工作状态指示灯和电离辐射警告标志。其中，工作状态指示灯与加速器联锁，显示加速器工作状态。	符合
应在放射治疗设备的治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁内设置急停按钮。控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	本项目直线加速器机房的治疗室和控制室设置6个急停开关，加速器机房的治疗室和控制室之间安装有监视器5个、对讲装置1套，控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。	符合
医用电子加速器治疗室（一般在迷路的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	本项目加速器机房内迷道口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。	符合

由表可知，直线加速器机房工作场所选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。

## 10.2“三废”的治理

### 10.2.1废气

本项目直线加速器机房设有强制排风系统（废气走向图见附图6），采取全排全送的通风方式，新风管道、排风管道拟由防护门上方经迷道进入治疗室，新风口设置在在机房西侧天花板上。臭氧密度大于空气平均密度，因此排风口设置在机房东角和东南角墙角处，风管底部（吸风口）离地30cm，上进风，下排风，排风管再沿墙体内壁向上接近顶板处，排气口设置于所在建筑屋顶，不在有门、窗或人员流量较大的过道等位置，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。风管拟以

“U”字型穿过墙。项目排风量为1500m<sup>3</sup>/h，加速器机房治疗室面积为62.8m<sup>2</sup>（不含迷道），高4.2m，体积为263.76m<sup>3</sup>，通风换气次数不小于5.6次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室换气次数应不小于4次/h”的要求。

### 10.2.2 固体废物

对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收最终送交有资质的单位回收处置，医院不暂存。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 施工期环境影响分析

本项目施工期内容主要为机房的浇筑，机房装修（含铅防护门以及门-机联锁装置等安装，配套用房装修），直线加速器的安装调试等内容，主要的施工期环境影响分析如下：

##### （1）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气、臭氧和氮氧化物。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对环境产生大的影响。

##### （2）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

##### （3）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生建筑废渣、装修垃圾和生活垃圾。施工期的建筑废渣单独堆放，及时清运或定期施工单位外运至建筑垃圾堆放场。装修垃圾在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

##### （4）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是机房装修产生的噪声，针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

### **11.1.2 设备安装调试期间的辐射环境影响分析**

设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，并在各个机房门外设立电离辐射警告标志。设备安装调试阶段时，不允许无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于加速器的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

## **11.2 运行阶段对环境的影响**

### **11.2.1 加速器运行阶段辐射环境影响分析**

本项目直线加速器有电子线和 X 射线两种治疗模式，因电子线的穿透能力弱于 X 射线，所以一般情况下，机房屏蔽设计满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。本项目直线加速器 X 射线能量拟最多设 10MV、6MV 2 档，对应等中心最高输出剂量率分别为 1440Gy/h、840Gy/h。同一能量档位，机房的辐射屏蔽防护在满足较高输出剂量率屏蔽要求时，也能满足更低输出剂量率的屏蔽防护要求。结合放疗科辐射工作场所布局情况，本项目采用 10MV、1440Gy/h 最大参数进行预测计算。

本项目直线加速器集成配套的 CBCT（最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA）用于影像引导定位，加速器机房防护条件在满足加速器屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 CBCT 开机产生 X 射线的防护，对辐射环境影响较小，因此以下主要对加速器使用 X 射线过程中的环境影响进行分析。

### **11.2.2 加速器机房屏蔽体的屏蔽核算**

#### **（1）关注点位设置**

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目直线加速器机房外表面 30cm 处，人员受照的剂量当量可能最大的位置设定关注点对治疗室的屏蔽体进行核算，关注点位见

图 11.2-1，图 11.2-2。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A，不同场所的居留因子选取如表 11.2-1 所示。

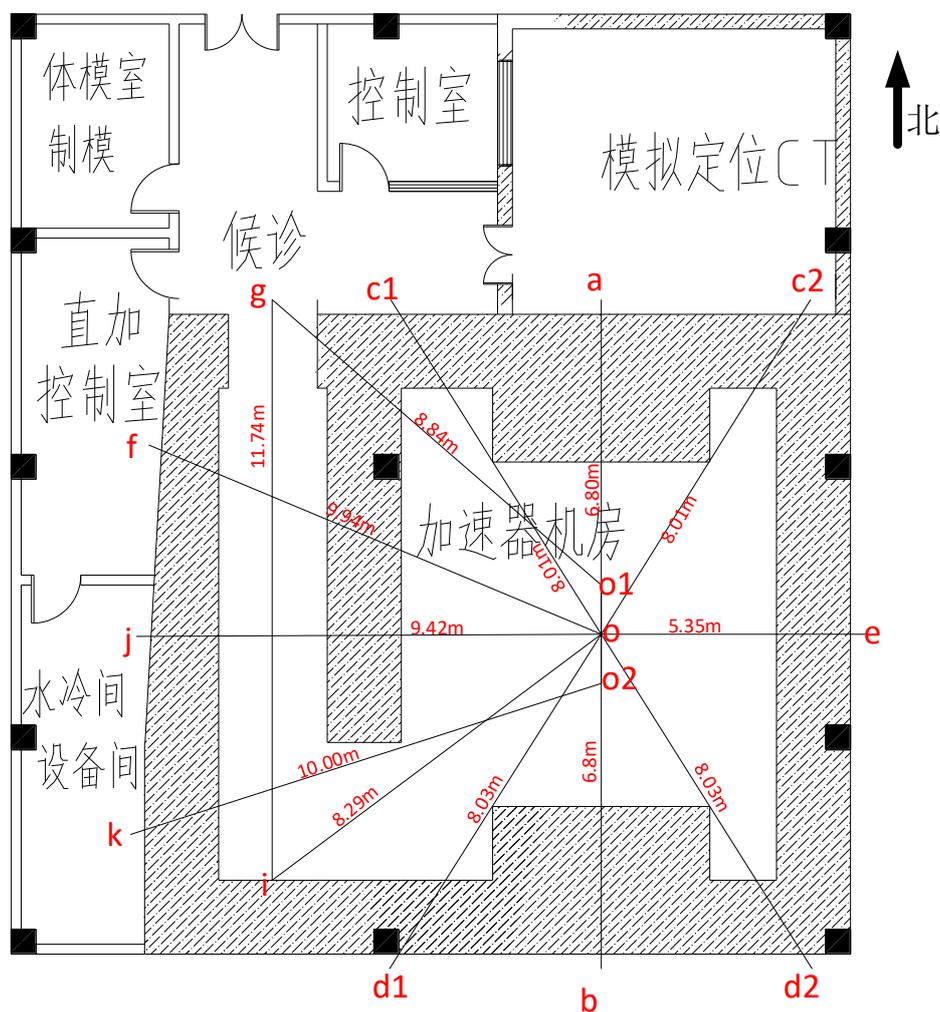


图 11.2-1 加速器机房（平面布局）关注点和主要照射路径示意图

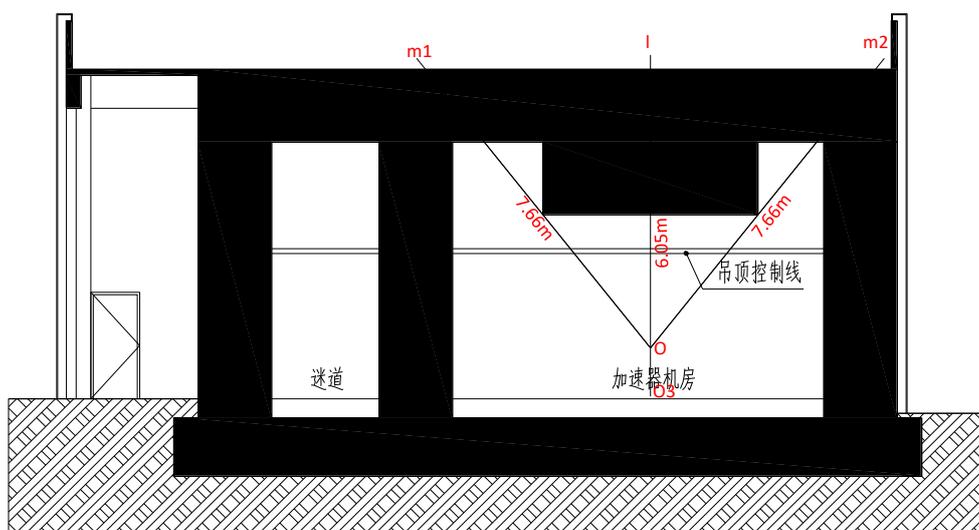


图 11.2-2 加速器机房（剖面布局）关注点和主要照射路径示意图

表 11.2-1 直线加速器机房各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	a	北墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，即模拟定位 CT 机房	1	全居留
2	b	南墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，即室外过道	1/16	偶然居留
3	c1	北墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即候诊室	1/4	部分居留
4	c2	北墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即模拟定位 CT 机房	1	全居留
5	d1/d2	南墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即室外过道	1/16	偶然居留
6	e	东墙外 30cm 处，即室外过道	1/16	偶然居留
7	k	西墙外 30cm 处，即水冷间设备用房	1/40	偶然居留
8	j	西墙外 30cm 处，即水冷间设备用房	1/40	偶然居留
9	f	西墙外 30cm 处，即控制室	1	全居留
10	g	加速器机房防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留
11	m1/m2	机房顶部（主屏蔽墙的主屏蔽区）30cm 处，即无人可达屋顶	1/16	偶然居留
12	l	机房顶部（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）30cm 处，即无人可达屋顶	1/40	偶然居留

(2) 导出剂量率参考控制水平确定

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30 cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30 cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

各关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  见表 11.2-2。

表 11.2-2 各关注点剂量率控制水平

关注点	T	U	t (h/a)	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ 计算值 (μSv/h)	$\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)	$\dot{H}_c$ (μSv/h)
a	1	1	4.2	5	1.19	2.5	1.19
b	1/16	1	4.2	5	19.05	10	10.00
c1	1/4	1	4.2	5	4.76	10	4.76
c2	1	1	4.2	5	1.19	2.5	1.19
d1	1/16	1	4.2	5	19.05	10	10.00
d2	1/16	1	4.2	5	19.05	10	10.00
e	1/16	1	4.2	5	19.05	10	10.00
k	1/40	1	4.2	5	47.62	10	10.00
j	1/40	1	4.2	5	47.62	10	10.00
f	1	1	4.2	100	23.81	2.5	2.50
g	1/8	1	4.2	5	9.52	10	9.52
m1/m2	1/16	1	4.2	5	19.05	10	10.00
l	1/40	1	4.2	5	47.62	10	10.00

(3) 有用线束主屏蔽区宽度核算

本项目直线加速器机房主屏蔽区包括顶棚及墙体的部分位置。加速器主射线的最大出束角度为 28°，本项目主屏蔽墙的南墙、北墙和顶棚主屏蔽区均为内凸，主屏蔽宽度根据公式 11.2-1 计算。

$$Y_p = 2[(a+SAD) \times \tan\theta + 0.3] \quad (\text{式 11.2-1})$$

式中：

$Y_p$ ——机房有用射线束主屏蔽区的宽度，m；

$\theta$ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；射线最大出射角 28°， $\theta$  取 14°；

SAD——源轴距，m；（对于医用加速器 SAD=1m）

a——等中心至“墙”的距离；当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽墙区向机房外凸时，“墙”指与主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

计算结果如表 11.2-3 所示。

表 11.2-3 加速器机房主屏蔽范围计算表

机房名称	主屏蔽墙位置	a (m)	计算值 (m)	设计值 (m)	评价结果
1号加速器机房	北墙主屏蔽墙宽度（内凸）	5	3.59	4.4	满足
	南墙主屏蔽墙宽度（内凸）	5	3.59	4.4	满足

顶棚主屏蔽墙宽度 (内凸)	4.25	3.22	4.4	满足
------------------	------	------	-----	----

由于本项目加速器机房位于放疗楼一层，无地下层，所以地坪的防护不予考虑。

经建设单位、设计单位向相关设备厂家咨询，目前等中心的位置能够满足设备安装和使用的空间需求；设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，即主射束为北侧、南侧、地坪及顶棚，杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

### 11.2.2 直线加速器机房屏蔽体的屏蔽效果分析

本环评采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) 中不同辐射的屏蔽与剂量估算方法如下：

#### (1) 有用线束主屏蔽区屏蔽效果 (a、b、l)

首先按式 11.2-2 计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ ，接着按式 11.2-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再按式 11.2-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率  $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 。

$$X_e = X \sec\theta \quad (\text{式 11.2-2})$$

式中：

$X_e$ ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，(cm)；

$X$ ——屏蔽墙体厚度，(cm)；

$\theta$ ——入射角夹角。

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \quad (\text{式 11.2-3})$$

式中， $TVL_1(\text{cm})$ 和  $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明  $TVL_1$ 时， $TVL_1=TVL$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11.2-4})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$f$ ——对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，取 0.001；

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

表 11.2-4 有用线束主屏蔽区外预测点位辐射剂量率计算结果

参数	北墙 (a点)	南墙 (b点)	顶棚 (1点)
射线路径	O2-a	O1-b	O3-l
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土
设计厚度 $X$ (cm)	300	300	300
有效厚度 $X_e$ (cm)	300	300	300
距离 $R$ (m)	7.8	7.8	7.05
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
$f$	1	1	1
$TVL_l$ (cm)	41	41	41
$TVL$ (cm)	37	37	37
$B$	1.00E-08	1.00E-08	1.00E-08
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	2.37E-01	2.37E-01	2.90E-01
导出剂量控制限值 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$	1.19	10	10
是否满足要求	满足	满足	满足

注：本表中  $X_e$  有效屏蔽厚度根据 CAD 图纸测量得知。

(2) 侧屏蔽墙泄漏辐射的屏蔽效果 (e、f、g、j、k)

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中  $TVL_l$ 、 $TVL$  为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。预测点位的泄漏辐射剂量率估算结果如表 11.2-5 所示。

表 11.2-5 预测点位泄漏辐射剂量率估算结果

参数	侧屏蔽墙				
	e点 (西墙)	f点 (东墙)	g点 (迷道内墙)	j点 (迷道外墙)	k点 (迷道外墙)
射线路径	O-e	O-f	O1-g	O-j	O2-k
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土
设计厚度 $X$ (cm)	150	150+120	150	150+130	150
有效厚度 $X_e$ (cm)	150	270	225	280	157
距离 $R$ (m)	5.35	9.94	8.84	9.42	10
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09	1.44E+09
$f$	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
$B$	35	35	35	35	35
$TVL_l$ (cm)	31	31	31	31	31
$TVL$ (cm)	1.95E-05	2.63E-09	7.43E-08	1.25E-09	1.16E-05
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	9.82E-01	3.83E-05	1.37E-03	2.03E-05	1.67E-01
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$	10	2.5	9.52	10	10
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足

注：本项目保守按照 10MV FFF 模式下 1m 处辐射剂量率进行屏蔽防护计算。

### (3) 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果 (c1/c2、d1/d2、m1/m2)

#### ① 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中  $TVL_l$ 、 $TVL$  为《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机》(GBZ/T201.2-2011) 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

#### ② 患者一次散射辐射的剂量估算

首先按式 11.2-2 计算有效厚度  $X_e(\text{cm})$ ，接着按式 11.2-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ ，再按式 11.2-5 计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11.2-5})$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；取值为  $1.44 \times 10^9 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

$\alpha_{ph}$ ——患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子；

$F$ ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$R_s$ ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测如表 11.2-6 所示。

表 11.2-6 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测

参数	北墙 (c1/ c2)		南墙 (d1/ d2)		顶棚 (m1/m2)	
	O-c1/c2	O2-O-c1/c2	O- d1/d2	O1-O- d1/d2	O-m1/m2	O3-O-m1/m2
射线路径	泄漏	散射	泄漏	散射	泄漏	散射
辐射类型	泄漏	散射	泄漏	散射	泄漏	散射
设计厚度 X (cm)	150	150	150	150	150	150
有效厚度 $X_e(\text{cm})$	177	177	177	177	192	192
R (m)	8.01	9.01	8.03	9.03	7.66	8.66
$\dot{H}_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h})$	1.44E+09					
$\alpha_{ph}$	/	3.18E-03	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F ( $\text{cm}^2$ )	/	1600	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/	0.001	/
$TVL_l$ (cm)	35	28	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28	31	28
B	2.63E-06	4.77E-07	2.63E-06	4.77E-07	8.62E-07	1.39E-07

$\dot{H}_{散}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	5.89E-02	1.08E-01	5.87E-02	1.07E-01	2.12E-02	3.39E-02
	1.67E-01		1.66E-01		5.51E-02	
$\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	c1: 4.76、c2: 1.19		10		10	
是否满足要求	满足		满足		满足	

注：本表中 Xe 有效屏蔽厚度根据 CAD 图纸测量得知。

#### (4) 防护门外辐射剂量

加速器在 10MV 下运行时有用线束不向迷道照射，加速器迷道入口处的辐射剂量主要考虑散射辐射剂量率和泄漏辐射。

a、散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \quad (\text{式 11.2-6})$$

式中： $\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\alpha_{ph}$ —患者 400 $\text{cm}^2$  面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子；

A—i 处的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$R_1$ —“o-i”之间的距离，m；

$R_2$ —“i-g”之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

患者散射经迷道内口散射至关注点 g 点处的辐射剂量率计算参数及结果见表 11.2-7。

表 11.2-7 关注点g点处的散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点	$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	$\alpha_{ph}$	$\alpha_2$	A ( $\text{m}^2$ )	F ( $\text{cm}^2$ )	$R_1$ (m)	$R_2$ (m)	$\dot{H}_g$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
g点	$1.44 \times 10^9$	$1.35 \times 10^{-3}$	$22 \times 10^{-3}$	17.5	1600	7.7	11.3	$2.15 \times 10^2$

b、泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道外口处的辐射剂量率

见表 11.2-5。

c、经屏蔽后防护门外g点的辐射剂量率

医院加速器机房防护门为内衬 20mm 铅板，防护门外剂量按下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-\left(\frac{x}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{式 11.2-8})$$

式中： $\dot{H}$ —防护门外的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_{og}$ —g 处的泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

X——防护门厚度, mm;

TVL——辐射在屏蔽体中平衡什值层;

表 11.2-8 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果

关注点	$\dot{H}_g$ $\mu\text{Sv/h}$	X mm	TVL mm	$\dot{H}_{og}$ $\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$
g点	215	20	5	$1.37 \times 10^{-3}$	$2.29 \times 10^{-2}$

### (5) 预测计算汇总及评价

直线加速器机房墙、顶、门外关注点处辐射剂量率估算结果汇总见表 11.2-10。

表 11.2-9 各关注点剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

关注点	点位描述	预测剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足控制要求
a	北墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，即模拟定位 CT 机房	2.37E-01	1.19	满足
b	南墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，即室外过道	2.37E-01	10.00	满足
c1	北墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即候诊区	1.67E-01	4.76	满足
c2	墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即模拟定位 CT 机房	1.67E-01	1.19	满足
d1/ d2	南墙（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）外 30cm 处，即室外过道	1.66E-01	10	满足
e	东墙外 30cm 处，即绿化带	9.82E-01	10	满足
k	西墙外 30cm 处，即水冷间设备用房	1.67E-01	10	满足
j	西墙外 30cm 处，即水冷间设备用房	2.03E-05	10	满足
f	西墙外 30cm 处，即控制室	3.83E-05	2.5	满足
g	加速器机房防护门外 30cm 处	2.29E-02	9.52	满足
m1/m2	机房顶部（主屏蔽墙的主屏蔽区）30cm 处，即无人可达屋顶	5.51E-02	10	满足
l	机房顶部（与主屏蔽区相连的次屏蔽区）30cm 处，即无人可达屋顶	2.90E-01	10	满足

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201. 2-2011）中的剂量率参考控制水平。

### 11.2.3 年有效剂量预测分析

工作负荷：参考典型加速器工作负荷，本项目加速器年出束时间为 210h。根据各关注点的剂量率，对本项目职业人员及周围的公众人员进行年有效剂量估算，更远的关注点利用屏蔽体外紧邻关注点剂量率预测结果按剂量率和关注点与源点距离平方成反比的规律估算剂量率。

①关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff}=D_r \times t \times T \times U \quad (11.2-9)$$

式中：

$D_{Eff}$ ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

$D_r$ ——辐射剂量率，Sv/h；

$t$ ——年工作时间，h；

$T$ ——居留因子；

$U$ ——使用因子，U取1。

②机房外职业人员和周围公众人员可能接受的最大辐射年有效剂量见下表：

表 11.2-10 直线加速器辐射工作人员及公众年受照剂量估算结果

保护目标	关注点	辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	t (h/a)	与关注点 距离 (m)	T	年受照剂 量 (mSv)	备注
模拟 CT 定位室	a	2.37E-01	210	紧邻	1	4.97E-02	职业
北侧室外过道	a	2.37E-01	210	6.4	1/16	1.21E-03	公众
病房楼二	a	2.37E-01	210	20	1	1.24E-04	公众
南侧室外过道	b	2.37E-01	210	紧邻	1/16	3.11E-03	公众
病房楼一	b	2.37E-01	210	11	1	4.11E-04	公众
东侧绿化带	e	9.82E-01	210	紧邻	1/16	1.29E-02	公众
水冷间设备用 房	k	1.67E-01	210	紧邻	1/40	8.77E-04	公众
室外过道	k	1.67E-01	210	3	1/16	3.90E-03	公众
美龙家园	k	1.67E-01	210	33	1	3.22E-05	公众
控制室	f	3.83E-05	210	紧邻	1	8.04E-06	职业
候诊区	g	2.29E-02	210	紧邻	1/4	1.20E-03	公众

从估算结果可看出，加速器机房工作人员的职业照射年有效剂量最大估算值约为 8.04E-06mSv，模拟定位 CT 机房工作人员的职业年有效剂量最大估算值约为 4.97E-02，公众的年有效剂量最大估算值 1.29E-02mSv，符合《电离辐射防护与辐射

源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”要求,也低于《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)提出的工作人员 5mSv 和公众 0.1mSv 年剂量约束值。

#### 11.2.4 职业人员年有效剂量叠加影响分析

根据前文本项目放疗工作人员存在兼任情况,根据医院提供 2023 年 2 月~2024 年 1 月(4 个检测周期)的个人剂量检测统计结果,本项目放疗工作人员年受照剂量最大为 0.162 mSv,叠加本项目运行后的人员剂量预测计算值后的年有效剂量为  $0.162 \text{ mSv} + 8.04\text{E-}06\text{mSv} = 0.162 \text{ mSv}$ 。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)满足本项目剂量约束值 5mSv/a 的要求。

#### 11.2.5 电子线辐射影响分析

本项目将利用直线加速器电子线进行皮肤、人体浅表肿瘤的治疗(与 X 射线治疗肿瘤类型不同,X 射线进行人体深部肿瘤的治疗)。

电子在物质中的射程是有限的,电子线在混凝土中的射程很短,电子线的穿透能力明显弱于 X 射线,一般情况下,满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要,屏蔽比较容易。本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度可满足 X 射线屏蔽要求,因此足以屏蔽电子线,在运行过程中电子线对周围环境辐射影响基本无影响。

#### 11.2.6 放射性固废环境影响分析

对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶,由设备生产厂家回收最终送交有资质的单位回收处置,医院不暂存。

#### 11.2.7 臭氧及氮氧化物影响分析

直线加速器运行过程中,X 射线或电子线会与空气发生电离作用,产生臭氧和氮氧化物。本项目直线加速器机房治疗室拟安装有效通风量不小于  $1500\text{m}^3/\text{h}$  的风机进行通风,加速器机房治疗室面积为  $62.8\text{m}^2$ (不含迷道),高 4.2m,体积为  $263.76\text{m}^3$ ,通风换气次数不小于 5.6 次/h。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求。排气口设置于所在建筑屋顶,不在有门、窗或人员流量较大的过道等位置,产生的臭氧和氮氧化物排入大气环境后,经自然分解,可达标排放,对周围环境影响较小。

## 11.3 辐射事故影响分析

### 11.3.1 可能发生的辐射事故

本项目直线加速器的安装、检修由设备厂家负责，医院只负责日常安全使用及管理。由于机房的屏蔽措施以及设备固有的安全联锁装置，设备在正常使用的情况下发生事故的极小，可能发生的辐射事故主要包括：

①直线加速器正在运行时，人员误入治疗机房；

②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，控制室人员启动设备，造成有关人员被误照射。

#### (1) 直线加速器辐射事故应急措施

①事故发生后，应立即切断电源并通知同工作场所的工作人员离开，通知医院辐射事故应急处理领导小组；

②应急处理领导小组启动应急处理预案，小组讨论及确定隔离区，疏散人群，保护好现场。同时，检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查；

③及时报告生态环境、卫生主管部门；

④配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生原因，进行调查处理和责任追究；

⑤当发生故障的射线装置修复后，必须经有资质的放射卫生技术服务机构进行检测合格并报生态环境主管部门、卫生等行政主管部门批准后方可解除应急状态；

⑥恢复正常的工作秩序，召集相关人员总结事故的经验教训，及时修订相关的管理体系和文件，杜绝同类事故的再次发生。

### 11.3.2 预防措施

一旦发现有人误入直线加速器机房，工作人员应立即利用最近的急停开关切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止直线加速器辐射事故发生，应采取多种防范措施：

(1) 控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

(2) 条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，

照射才能进行。

(3) 剂量控制联锁：安装有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。

(4) 控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

(5) 有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

(6) 有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

(7) 有全部安全联锁设施检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

(8) 有门机安全联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。

(9) 有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

(10) 控制台和治疗室内均安有急停开关。

(11) 机房门外设置有声音警示作用的工作状态指示灯和电离辐射警示标志。

(12) 电视监控、对讲装置：治疗室和控制室之间安装有电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观察患者在治疗室的状态，及时处理意外情况。

### **11.3.3 机房的安全保卫措施**

为确保项目各辐射工作场所的安全，医院拟采用的安全保卫措施如下：

(1) 防火措施：各机房四周为实体结构墙体隔断，机房周围均没有易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。

(2) 防水措施：机房四周墙体防水性强，防水设计施工由专业施工队伍进行施工，对容易造成局部损坏的薄弱部位设置增强层。

(3) 防盗措施：各辐射工作场所拟安装摄像头，和医院保卫科监控系统连接起来，且有保安人员 24h 巡逻和值班。

(4) 防射线泄漏措施：本项目机房由具有资质的单位设计、经计算满足环保要求。

综上，本项目各辐射工作场所的防火、防水、防盗以及防射线泄漏六防措施可行。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

#### 12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了放射安全管理工作组，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，见附件 6。该管理机构明确了组成人员及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足现有辐射管理工作的要求。医院现有方射安全管理工作组组长如下：

组长：张大宏

副组长：孟旭莉、涂建锋

组员：马黎、王卫忠、王利宏、厉民、过湘钗、毕擎、朱涛、朱斌、许欢、牟晓洲、应奇峰、周育成、朗义青、贾勇士、龚向阳、喻雯、程爱萍。

本项目实施后，直线加速器机房负责人需纳入医院现有的辐射安全防护小组中，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

##### (1) 职业健康检查

医院现辐射工作人员，均按要求每两年进行在岗期间职业健康体检，并建立了职业健康档案。根据建设单位提供的资料，现有辐射工作人员在岗期间职业健康体检结论均为可继续从事放射岗位工作。

本项目辐射工作人员拟配备 6 名辐射工作人员，均由浙江省人民医院朝晖院区调配，同时兼顾朝晖院区和本项目的直线加速器工作，根据医院提供的职业健康体检报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

##### (2) 辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员，均参加了均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培训或生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格。本项目辐射工作人员均由浙江省人民医院朝晖院区调配，同时兼顾朝晖院区和本项目的直线

加速器工作。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医院应及时组织从事使用 II 类射线装置操作的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习，并报名集中考核，考核合格后方可上岗，从事辐射工作期间按时接受再培训和考核。

### （3）个人剂量检测

医院辐射工作人员全部配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据 2023 年 2 月~2024 年 1 月（4 个检测周期）的个人剂量检测统计结果（见附件 4），全院辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值 5mSv。

医院应做到以下几个方面：

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作后三十年。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

年度个人剂量超过 5mSv（季度超过 1.25mSv）时，医院要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，医院需进行原因调查，并形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关；当单年个人剂量超过 50mSv 时，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。检测报告及有关调查报告应存档备查。

### 12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射工作单位应当对本单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1

月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

为了保护辐射工作人员、公众及环境的安全，促进辐射实践的正当性，辐射防护的最优化，规范工作人员的操作规程，根据相关法律、法规、规范的要求，建设单位已制定了辐射安全与防护管理制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、辐射防护和安全保卫制度、突发辐射事故应急预案等管理规章制度。

建设单位已制定的辐射防护相关环境管理办法与制度，内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

## 12.3 辐射监测

根据《放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，医院须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射从业人员的职业健康，控制放射性物质的照射，保障环境安全，规范辐射工作防护管理。

### 12.3.1 个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，所有辐射工作人员个人剂量计佩戴及送检时间不得超过 90 天（将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。

建设单位应做到：

①医院辐射环境监测工作由辐射安全防护管理机构组织，各科室辐射工作人员配合实施，医院负责联系有剂量监测资质的机构对全院参与辐射工作的人员进行个人剂量监测。

②个人剂量监测期内，个人剂量计每季度检测一次。各有关部门放射防护管理人员收齐本部门辐射工作人员的个人剂量计后交至医院更换佩戴个人剂量计，医院统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告发放辐射安全许可证的机关。

③剂量监测结果一般每季度由医院向各有关部门通报一次；当剂量监测结果有异常，医院通知具体辐射工作人员及部门分管领导。

④医务科负责建立医院辐射工作人员的个人剂量档案，个人剂量监测档案包括辐射工作人员个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等内容。个人剂量监测档案终生保存。

### 12.3.2 日常监测

日常工作中，使用现有便携式 X-γ 射线巡测仪定期对现有辐射工作场所进行监测，以确保屏蔽防护性能的良好。

### 12.3.3 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的第三方环境监测机构进行监测。

建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

### 12.3.4 辐射工作场所及周围环境监测计划

#### (1) 委托监测

委托有资质单位定期对核技术利用区域及其周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案，以确保辐射工作人员和公众的辐射安全。

①监测频度：每年常规监测一次。

②监测范围：机房屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门及缝隙处等区域。

③监测项目：周围剂量当量率等。

④监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

#### (2) 自行监测

越城院区已配备 1 台便携式 X-γ 辐射监测仪。设施正常运行后，定期或有必要时对工作场所周围进行自测，并建立监测技术档案。

表 12.3-1 监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	监测依据	监测范围
--------	------	------	------	------	------	------

本项目加速器机房	年度监测	周围剂量当量率	1次/年	便携式X-γ辐射监测仪	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)	本项目加速器机房防护门及缝隙处、过道、控制室操作台及机房各屏蔽墙外
	自主监测		1次/季度			
	验收监测	周围剂量当量率	竣工验收			
本项目辐射工作人员	个人剂量检测	个人剂量当量	1次/季度	个人剂量计		所有辐射工作人员

医院需定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定。

### 12.3.5 环保竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

## 12.4 辐射应急

### 12.4.1 应急预案的要求

医院目前制定有《放疗科放射事故应急处理预案》，预案中对应急措施、事故后续处理等作出要求，明确了应急预案启动的条件。

医院既有辐射事故应急处理预案包括了下列内容：①应急人员职责；②应急救援原则，③应急处理程序。

放射防护管理小组主要职责是：①定期组织对放射诊疗场所、设备和人员进行

放射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至院办、医务科并落实整改措施；

②发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

③事故发生后立即组织有关部门和人员进行放射性事故应急处理；

④负责向卫生行政部门及时报告事故情况；

⑤负责放射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑥放射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速由专家组估算受照人员的受照剂量。

⑦负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

医院现有辐射事故应急管理预案内容较为单一，根据国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，本项目建成后，应重新编制辐射事故应急预案，预案应当包括下列内容：

(1) 应急机构和职责分工；

(2) 辐射事故分级；

(3) 辐射事故响应；

(4) 辐射应急事故解除；

(5) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

(6) 辐射事故应急人员培训和演练计划。

#### **12.4.2 辐射事故上报的要求**

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》等要求，向生态环境主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并根据要求在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

#### **12.5 环境管理**

根据《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)中“9 环境管理与监测计划”的内容，根据项目的建设程序，实施环境管理计划。

表 12-3 环境管理计划

项目阶段	责任主体	内容
设计阶段	设计单位	根据医院的需求，针对拟开展科室性质，拟使用射线装置的特点，对辐射工作场所进行合理布局，对屏蔽防护进行设计。同时，明确项目涉及的电气、给排水、暖通等工程及概算情况
施工阶段	施工单位	按照生态环境主管部门的要求和本报告中有关环境保护措施对施工程序和场地布置实施统一安排
运营阶段	浙江省人民医院	设专人负责医院环保事宜，便于组织实施环保管理；按照生态环境主管部门的要求和本报告中有关环境保护措施落实环保措施，及时开展环保竣工验收；根据监测计划对辐射工作场所和辐射工作人员的个人剂量进行监测；对环保设施进行管理，尤其是衰变池、衰变铅箱、活性炭吸附装置的正常运行，严格遵守各项操作规程、及时处理异常情况

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

本项目拟对院内已建高压氧舱楼（共一层，地上一层）进行改建（改建后该楼更名为“放疗楼”），建设1间直线加速器机房及配套辅助用房，新购1台医用电子直线加速器（最大能量10MV）开展肿瘤放射治疗，属II类射线装置。

#### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

本项目直线加速器机房采取了实体防护和专业辐射防护措施。机房为新建机房，屏蔽厚度满足要求。

直线加速器机房四侧屏蔽墙体及顶棚为普通混凝土防护，并设有迷道，防护门为铅门，其防护效果满足要求。防护门设置门灯联锁、门机联锁和工作状态指示灯，防护门内设开门装置，防护门外设置电离辐射警告标志，机房内和控制室均设置急停开关，设置视频监控和对讲系统，迷道处设置有固定式剂量率报警仪等辐射安全设施。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

本项目直线加速器机房的屏蔽防护设计方案均能达到《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》等标准的要求。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

##### （1）辐射影响分析结论

经预测，在正常工况下，本项目直线加速器工作场所监督区边界外、直线加速器机房各侧墙体及防护门外剂量率均小于剂量率参考控制水平，对周围环境影响较小；本项目所致工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本次评价提出的年剂量约束值即工作人员不超过 5mSv/a 和公众不超过 0.1mSv/a。

##### （2）“三废”影响分析

直线加速器设置强制排风系统，通风换气次数不低于 4 次/h，机房内产生的臭氧、氮氧化物对周围环境影响很小；对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产

厂家回收最终送交有资质的单位回收处置，医院不暂存。因而正常情况下不会对环境造成明显影响。

#### **13.1.4 可行性分析结论**

##### **(1) 产业政策分析结论**

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目直线加速器属于第六项“核能”中第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

##### **(2) 实践正当性分析结论**

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目运行产生的经济和社会效益远大于其可能引起的辐射影响及采取辐射安全防护措施所付出的代价，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

##### **(3) 相关规划符合性结论**

《绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于越城区皋埠街道城镇生活重点管控单元（ZH3306022007）。本项目为医院核技术利用项目，不属于限制类产业，符合空间布局约束；不涉及工业污染物总量排放；本项目用地性质为医疗用地，符合绍兴市总体规划要求，且不属于重点环境风险管控企业，项目实施后按要求建立环境风险管控应急措施及常态化隐患排查整治监管机制，符合环境风险防控要求；本项目所用能源主要为城市生活用水和电能，符合资源开发效率要求。本项目符合绍兴市“三线一单”生态环境分区管控方案要求，因此项目符合相关规划。

##### **(4) 项目可行性**

综上所述，浙江省人民医院越城院区电子直线加速器建设项目选址符合国家相关法律法规，且项目符合产业政策和实践正当性。医院在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要

求，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射安全与环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

## 13.2 建议与承诺

### 13.2.1 建议

①医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝放射性事故的发生。

②进行核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

### 13.2.2 承诺

(1) 安排专职人员进行辐射安全管理制度的管理，落实各项辐射防护管理制度。辐射监测仪器、报警仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其性能良好，确保监测数据的可靠，为辐射防护提供可靠依据。

(2) 医院承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。并定期组织针对辐射事故的应急措施演练，根据实际运营情况和国家、省、市新要求及时修订和完善。

(3) 医院承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 医院承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(5) 医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(6) 医院承诺本项目环评审批后，及时申领辐射安全许可证。项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快自主组织竣工环保验收。

**表 14 审批**

下一级生态环境部门预审意见：

经办人： 公章

年 月 日

审批意见：

经办人： 公章

年 月 日